

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 641 527** ⁽¹³⁾ **C1**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
B02C 19/18 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 29.01.2018)

(21)(22) Заявка: **2017109264**, 20.03.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.03.2017Дата регистрации:
18.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **20.03.2017**(45) Опубликовано: **18.01.2018** Бюл. № **2**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1618445 A1, 07.01.1991. RU 2016657 C1, 30.07.1994. RU 2467802 C1, 27.11.2012. JP 2000167425 A, 20.06.2000. US 4741839 A, 03.05.1988.

Адрес для переписки:
**620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УРФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.**

(72) Автор(ы):

**Лобанов Владимир Геннадьевич (RU),
Замотин Павел Алексеевич (RU),
Абдрахманов Ильяс Сагынбекович (RU),
Павченко Алексей Сергеевич (RU),
Колмачихина Ольга Борисовна (RU),
Опошнян Владимир Ильич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)**

(54) СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горнорудной промышленности и может быть использовано при измельчении минерального сырья перед обогащением или гидрометаллургической переработкой. Способ включает предварительную обработку водным раствором ПАВ с наложением импульсного физического воздействия и последующее механическое измельчение. Причем обработку сырья ведут в оборотном водном растворе, содержащем 0,01-0,1 г/л ПАВ с наложением ультразвука в течение 10-60 секунд. Затем обработанное сырье отделяют от оборотного раствора, добавляют воду и измельчают. Обработка сырья может быть проведена на движущейся ленте транспортера, частично погруженной в раствор ПАВ. При использовании изобретения достигается повышение эффективности процесса измельчения за счет оптимизации расхода раствора поверхностно-активных веществ (ПАВ). 1 з.п. ф-лы, 1 ил.

Изобретение относится к горнорудной промышленности, а именно к измельчению минерального и техногенного сырья, и может быть использовано при подготовке полезных ископаемых для обогащения или гидрометаллургической переработки, в

частности, при подготовке руды, концентрата или другого сырья для цианистого выщелачивания золота.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности рудоподготовки является измельчение в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) [Патент RU 2431689 на изобретение, приор. 14.01.2010, опубл. 20.10.2011, МПК C22B 11/08 (2006.01)], [Патент RU 2347620 на изобретение, приор. 29.10.2007, опубл. 27.02.2009, МПК B02C 23/06 (2006.01)], [Митрофанов С.И. Селективная флотация. М.: Недра, 1967. - С. 330], [Латышев О.Г. Использование поверхностно-активных веществ в процессах горного производства. // Известия Уральского государственной горно-геологической академии. Вып. 11., серия «Горное дело», 2000. С. 155-161].

Введение в жидкую фазу, используемую при измельчении сырья, тех или иных ПАВ, приводит к диффузии их молекул в микротрещины измельчаемого материала, в том числе в межфазные пространства, образующиеся на границе частиц различных минералов, составляющих куски руды. При этом согласно эффекту Ребиндера снижается механическая прочность срастания частиц минералов различной природы. При измельчении разрушение частиц происходит по наиболее ослабленным связям, в том числе и по плоскостям срастания частиц минералов. В результате происходит их селективное разделение, снижается количество сrostков. Последующее обогащение или выщелачивание позволяет извлечь полезный компонент из смеси минералов более полно. В целом указанный прием влечет за собой существенное сокращение затрат на измельчение.

В качестве ПАВ рассматриваются разнообразные органические и неорганические соединения, например, щелочь в известном способе [Патент RU 2275244 на изобретение, приор. 22.03.2004, опубл. 10.10.2005, МПК B02C 17/14 (2006/01)].

Известен способ измельчения минерального сырья, выбранный в качестве прототипа [Авторское свидетельство SU 1618445, приор. 27.01.1989, опубл. 07.01.1991, МПК⁵ B02C 19/18, B02C 23/06], включающий предварительную обработку минерального сырья водным раствором ПАВ и последующее механическое измельчение. При этом на минеральное сырье в процессе предварительной обработки его водным раствором ПАВ с расходом 25-100 г/т дополнительно воздействуют импульсными электрическими разрядами. В процессе обработки сырья импульсными разрядами водный раствор, модифицированный ПАВ, интенсивно проникает в мельчайшие дефекты кристаллической структуры, прочностные свойства минералов ослабляются существенно сильнее, чем в аналогичных способах, последующее измельчение протекает более эффективно.

К недостаткам указанного способа следует отнести негативное влияние высоковольтных импульсов (50 кВ) на ПАВ. Большинство известных ПАВ, преимущественно высокомолекулярных, при указанном воздействии окисляются, и это влечет за собой увеличенный расход реагента. Другим существенным недостатком прототипа является неконтролируемое изменение ионного состава водной фазы пульпы при электроимпульсной обработке минерального сырья, которое может привести к нарушению последующего технологического процесса. Кроме того, использование высокого напряжения в процессах рудоподготовки существенно усложняет организацию производства в части безопасности труда.

Технической проблемой, на решение которой направлен предлагаемый способ, является повышение эффективности процесса измельчения. Технический результат заключается в оптимизации расхода ПАВ.

Технический результат достигается в способе измельчения минерального сырья, включающем предварительную обработку водным раствором поверхностно-активных веществ (ПАВ) с наложением импульсного физического воздействия и последующее механическое измельчение.

В отличие от прототипа обработку сырья ведут в оборотном водном растворе, что позволяет сократить расход ПАВ. С другой стороны становится оправданным применение повышенных, в сравнении с прототипом, концентраций ПАВ и раствор содержит 0,01-0,1 г/л ПАВ. При этом процесс ведут с наложением ультразвука в течение 10-60 секунд, что в указанных условиях усиливает эффект предварительной обработки.

Затем обработанное сырье отделяют от оборотного раствора, добавляют воду и измельчают. Предпочтительно, обработку сырья раствором ПАВ проводят на движущейся ленте транспортера, частично погруженной в раствор ПАВ.

Сущность изобретения поясняется фигурой (таблица), где приведены результаты опытов, проведенных в сопоставляемых условиях.

Указанная в настоящем изобретении задача сводится к уменьшению расхода ПАВ при измельчении до оптимальной степени раскрытия ценных компонентов.

Специальными исследованиями установлено, что чем выше концентрация ПАВ в обрабатываемом растворе, тем выше эффект от воздействия реагента - измельчение сырья происходит интенсивнее. С другой стороны, при использовании растворов ПАВ с повышенной концентрацией пропорционально увеличиваются затраты на реагент; более того при реализации способа прототипа резко интенсифицируется непродуктивное разложение данного реагента. В частности, в сравнительных опытах проводили предварительную обработку сырья раствором ПАВ с расходом от 25-100 г/т аналогично способу-прототипу и с расходом до 100-500 г/т в течение сопоставимого времени. Последующее измельчение подготовленного при одинаковых условиях сырья показало, что содержание мелких классов и степень раскрытия золота в последнем случае в 3-5 раз больше. С другой стороны, при измельчении подготовленной руды в том же растворе, в котором проводили предварительную обработку, включая импульсное воздействие, приводит к пропорциональному увеличению расхода ПАВ.

Экономия ПАВ для случая с предварительной обработкой сырья возможна при разделении обработанного сырья и раствора ПАВ с возвратом этого раствора в оборот. Для измельчения к обработанному сырью добавляют необходимое количество воды без ПАВ. Опыты показывают, что требуемый эффект от действия ПАВ при этом практически не ухудшается. Более того, направление растворов ПАВ для обработки новых порций сырья в оборотном режиме делает экономически оправданным использование более высоких концентраций ПАВ в обрабатываемом растворе. При использовании обрабатывающих растворов в обороте технологически управляемый показатель расхода ПАВ, выраженный в граммах на 1 т руды, подобно прототипу, не является корректным. Важнее концентрация ПАВ в оборотном растворе. Опытами установлено, что при концентрации ПАВ в обрабатываемом растворе меньше 0,01 г/л эффективность обработки сырья сопоставима с эффективностью способа-прототипа. При концентрациях больших 0,1 г/л эффективность обработки сырья остается неизменной.

Разделение оборотного раствора, содержащего ПАВ и обработанное сырье, может быть проведено различными методами - отстаиванием, фильтрованием, центрифугированием. Подобные методы сложно синхронизировать с работой мельниц. С учетом небольшой продолжительности обработки и известной крупности дробленого сырья, поступающего на измельчение ($-10 \div 20$ мм), наиболее рациональным вариантом контактирования с раствором ПАВ является кратковременное погружение сырья в обрабатывающий раствор, извлечение сырья с возможностью удаления основной массы обрабатывающего раствора самотеком и направление сырья в измельчающий агрегат. В результате, в ограниченном объеме обрабатывающего раствора с повышенной концентрацией ПАВ, обрабатывают большие количества сырья. На обогатительных фабриках руду и другое сырье после дробления с исходной относительно невысокой влажностью (1-5%) транспортируют в мельницу с помощью ленточных транспортеров. Аппаратурно кратковременный контакт дробленого сырья с обрабатывающим раствором ПАВ и последующее отделение проще всего осуществить, погружая часть транспортной ленты в ванну с раствором ПАВ.

Влажность дробленого сырья после кратковременной обработки в растворе ПАВ по изложенному алгоритму составляет 15-20%. Для измельчения обработанного сырья в мельницу добавляют воду до Ж:Т=1:1 или несколько больше. Количество ПАВ, оставшегося в жидкой фазе обработанного сырья, достаточно для того, чтобы после разбавления водой в мельнице, измельчение протекало при заметной и эффективной концентрации ПАВ. В целом расход ПАВ в расчете на тонну сырья, теряемого с получаемой пульпой, в 1,5-2 раза меньше аналогичного показателя известных способов и прототипа.

Подобно прототипу эффективность предварительной обработки руды, сводящейся по сути к пропитке, в предлагаемом способе усиливается наложением энергетических импульсов. Но в отличие от прототипа вместо высоковольтных разрядных импульсов, сопровождающихся указанным выше негативным эффектом, сырье обрабатывают ультразвуком. Воздействие ультразвуком не сопровождается окислением или иным разрушением ПАВ. Применение подобного приема для рассматриваемых целей на стадии измельчения известно [Н.М.Литвинова. Автореферат диссертации к.т.н., «Совершенствование технологических методов измельчения упорных золотосодержащих руд на примере руд Многовершинного и Албазинского месторождений», 2008, Хабаровск]. Сведений о воздействии ультразвука на стадии предварительной обработки руды в присутствии ПАВ, тем более с повышенными концентрациями ПАВ, не выявлено. Результаты целевых опытов показывают, что рациональная продолжительность предварительной обработки сырья в растворе ПАВ

с наложением ультразвука составляет 10-60 секунд. При меньшей продолжительности обработки эффект при последующем измельчении минимален. Большая чем 60 с, продолжительность обработки сырья положительного эффекта не приносит.

Излучатели ультразвука располагают в ванне с раствором ПАВ над и под транспортной лентой по всей длине ее погруженной части.

В итоге суть предлагаемого способа сводится к предварительной обработке сырья в растворах с повышенной концентрацией ПАВ и при наложении ультразвука. После обработки большую часть раствора отделяют от обработанного сырья и используют для обработки новых порций сырья. Обработанное сырье измельчают с высокой эффективностью при пониженных энергозатратах.

Примером реализации предлагаемого способа служат результаты следующих опытов. Навески золотосодержащей дробленой руды крупностью - 20 мм и массой по 200 г в течение заданного времени обрабатывали в растворе анионного ПАВ с разной концентрацией, в т.ч. с наложением ультразвука. Обработанное сырье отделяли от раствора ПАВ естественным путем (стеканием) и измельчали в лабораторных стержневых мельницах при Ж:Т=1:1, для чего к влажной обработанной руде добавляли необходимое количество воды. Для выявления заметной разницы в результате при исследуемых условиях продолжительность измельчения была ограничена и составляла 10 минут. В продукте измельчения оценивали содержание класса требуемой крупности (-0,074 мм).

Для сравнения при прочих идентичных условиях проведены опыты без обработки раствором ПАВ и без наложения ультразвука. Проведен опыт по условиям прототипа с обработкой руды раствором ПАВ с содержанием 0,1 г/л (что соответствует расходу 100 г/т) и наложением высоковольтных импульсов. С учетом остаточной влажности обработанной руды рассчитывали удельный расход ПАВ в г/т.

Результаты (см. фиг. 1) показывают, что при меньшем расходе ПАВ выход требуемого класса в измельченной при одинаковых условиях руде для предлагаемого способа в 1,5 раза выше, чем достигается при использовании прототипа.

Сопоставительный анализ известных технических решений, в т.ч. способа, выбранного в качестве прототипа, и предлагаемого изобретения позволяет сделать вывод, что именно совокупность заявленных признаков обеспечивает достижение усматриваемого технического результата. Реализация предложенного технического решения дает возможность при измельчении минерального сырья снизить расход ПАВ и повысить эффективность измельчения в 1,5 раза.

Формула изобретения

1. Способ измельчения минерального сырья, включающий предварительную обработку водным раствором поверхностно-активных веществ с наложением импульсного физического воздействия и последующее механическое измельчение, отличающийся тем, что обработку сырья ведут в оборотном водном растворе, содержащем 0,01-0,1 г/л поверхностно-активных веществ, с наложением ультразвука в течение 10-60 секунд, затем обработанное сырье отделяют от оборотного водного раствора, добавляют воду и измельчают.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что обработку сырья оборотным водным раствором поверхностно-активных веществ проводят на движущейся ленте транспортера, частично погруженной в раствор поверхностно-активных веществ.

1

СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

№ опыта	Концентрация ПАВ, г/л	Продолжительность обработки раствором ПАВ + ультразвук, сек	Выход класса -0,074 мм, %	Расход ПАВ, г/г
1	0,005	5	27	5
2	0,01	10	38	15
3	0,05	30	43	20
4	0,1	60	46	50
5	1,0	120	47	100
6 (аналог)	Без ПАВ	Без обработки	15	Нет
7 (прототип)	0.1	60	32	100